

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.02+618.3

РОЗРОБКА БАГАТОАГЕНТНИХ СТРУКТУР ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ

КУЗЬОМІН О.Я., ВАСИЛЕНКО О.О.,

СВИСТУНОВ І.О.

Розглядається проблема моделювання у галузі медичної діагностики, показуються основні особливості існуючих рішень при використанні багатоагентного моделювання при розробці медичних інтелектуальних систем.

Ключові слова: медична інтелектуальна система (МІС), агент, багатоагентна модель, онтологія.

Вступ

Медична інтелектуальна система (МІС) (рис. 1) – програмний продукт, головним призначенням якого є автоматизація всіх головних процесів, пов'язаних з наданням медичних послуг. За кордоном прийнято застосовувати термін HIS (Hospital Information System) – госпітальна інформаційна система для комплексного управління всіма процесами медобслуговування, включаючи юридичний аспект. Доповненнями до неї можуть бути специфічні модулі, наприклад, RIS (Radiology Information System) – радіологічна інформаційна система або PACS (Picture Archiving and Communication System) – система збереження медичних зображень. Окремий вид МІС – лабораторні інформаційні системи (Laboratory Information Management Systems) і аптечні інформаційні системи (AIC). Вони можуть частково або повністю реалізовуватися у вигляді окремих компонентів комплексної медичної інформаційної системи.

Ключовою ланкою в інформатизації охорони здоров'я є інформаційна система. Класифікація медичних інформаційних систем заснована на ієрархічному принципі і відповідає багаторівневій структурі охорони здоров'я. Розрізняють:

– медичні інформаційні системи базового рівня, основна мета яких – комп'ютерна підтримка роботи лікарів різних спеціальностей; вони дозволяють підвищити якість профілактичної та лабораторно-діагностичної роботи, особливо в умовах масового обслуговування при дефіциті часу

кваліфікованих фахівців. За важливістю справ виділяють (рис. 1):

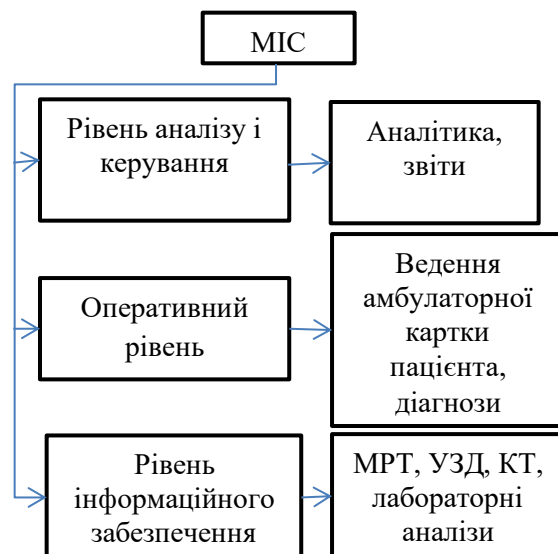


Рис. 1. Рівні МІС

– інформаційно-довідкові системи (призначені для пошуку і видачі медичної інформації за запитом користувача),

– консультативно-діагностичні системи (для діагностики патологічних станів, включаючи прогноз і вироблення рекомендацій щодо способів лікування, при захворюваннях різного профілю),

– приладно-комп'ютерні системи (для інформаційної підтримки і/або автоматизації діагностичного і лікувального процесу, що здійснюються при безпосередньому контакті з організмом хворого),

– автоматизовані робочі місця фахівців (для автоматизації всього технологічного процесу лікаря відповідної спеціальності та забезпечення інформаційної підтримки при прийнятті діагностичних і тактичних лікарських рішень).

Вся інформація в МІС доступна для аналізу та обробки – це, по суті, величезний електронний архів. Система дозволяє надавати доступ до різних розділів різних груп користувачів (наприклад, підтримка окремого порталу для пацієнтів або внутрішнього порталу для лікарів з можливістю спілкування і обміну інформацією).

1. Постановка задачі моделювання для дослідження предметної області

Моделі сучасних медичних інтелектуальних систем будуються з урахуванням того, що необхідно передбачати накопичення, створення та обробку знань щодо хвороб, їх симптомів та ознак. Отже, нам потрібно моделювати МІС з урахуванням knowledge based system, тобто системи медичних знань, які дають можливість виконати багато завдань. Моделювання МІС включає розробку методів представлення медичних знань і логічного виводу (прийняття рішень стосовно сценаріїв лікування), а також дослідження в області створення та аналізу баз даних (БД) і баз знань (БЗ).

Знання відображають нашу уяву про предметну область (ПрО) і виражають систему медичних понять, відносин і залежностей між поняттями. Прикладом можуть бути симптоми та ознаки хвороб. Для представлення у МІС інформації насамперед необхідно виявити об'єкти, що характеризують хвороби, а саме симптоми і ознаки. Далі виявляються співвідношення, що встановлюють необхідні зв'язки між об'єктами, і процеси, які визначають створення, руйнування, трансформацію й інші види поведінки об'єктів. Знання складаються з даних про об'єкти, відносини й процеси. Об'єкти можна представляти структурами символічних даних; відносини – списками властивостей; процеси втілюються комп'ютерними програмами.

Процедурні знання – це знання, що відносяться до процедур обробки медичної чи організаційної інформації, методів логічного виводу. Ці знання задаються послідовністю дій, що повинні бути зроблені, і послідовністю цілей, що повинні бути досягнуті.

Декларативні знання надходять у систему від експертів ПрО і включають факти або аксіоми і правила, що відносяться до цих фактів. Для декларативних форм характерна організація бази знань, при якій у ній зберігаються тільки описи об'єктів та їхніх семантичних відносин і відсутня інформація про те, як можуть бути використані ці описи. Процедурна форма заснована на описі знань про ПрО за допомогою процедур на будь-якій мові (наприклад, ЛІСП).

Особливу роль у теорії БД займають такі поняття, як *модель даних* і її схема. Схема моделі даних є семантичною моделлю подання знань про

дані. У моделях знань відносини володіють семантикою, яка визначається фіксовано поза системою, і самі по собі є, як і вихідні дані, такими ж даними. Можливо відзначити три особливості знань, що відрізняють їх від даних:

1. Здатність до інтерпретації.
2. Наявність зв'язків, що розрізняють знання: елемент-клас, клас-підклас, тип-підтип, ситуація-підситуація чи мікро-ситуація.
3. Наявність ситуативних відносин, що визначає ситуативну сумісність знань.

Лінія міркувань, придбання й накопичення знань відбувається за формулою: «знання + механізм виводу = система знань».

2. Розробка медичних знань

Впровадження до розробки медичних знань технологій штучного інтелекту (програмних засобів, які можуть у певних межах імітувати на комп'ютері деякі риси мислення лікаря) зумовило появу нового класу програмних засобів, здатних до самонавчання та накопичення нової, корисної інформації. Саме до цього класу належать системи, що ґрунтуються на використанні знань – [knowledge-based system](#) (інтелектуальні системи знань). Для реалізації системного підходу у діагностуванні хвороби людини необхідно комплексно робити аналіз клінічних даних (аналіз крові, сечі), електрокардіограму, електромагнітні комп'ютерні дослідження та ще багато інших досліджень організму людини. Саме штучний інтелект дозволяє об'єднати інформацію для більш точного діагнозу. Безумовно, залучення для хворого різноманітних приладів може бути складним та коштовним. У цьому дослідженні запропоновано використати на етапі моделювання такі інструменти, як об'єднання декількох агентів. Таке об'єднання дозволяє представити самоорганізуючу, розподілену модельну систему, яка дає системне відображення предметної області, що включає не тільки навколишнє середовище, а й аналіз різних фахівців з урахування онтологічних і прецедентних знань.

Формальний опис онтології можливо представити у класичному варіанті:

Онтологія визначається як

$$O = \langle X, R, F \rangle,$$

де X – кінцева множина понять предметної області; R – кінцева множина відносин між поняттями; F – кінцева множина функцій інтерпретації.

Існують різні типи класифікації онтологій. З нашої точки зору, найбільш корисним буде виділити два типи класифікації онтологій:

семантична:

- 1) за рівнем виразності [1];
- 2) за ступенем формальності [2];
- 3) за рівнем детальності подання [3];

прагматична:

- 4) за ступенем залежності від конкретної задачі або прикладної області [4];
- 5) за мовою уявлення онтологічних знань [5];
- 6) за предметною областю [6];
- 7) за метою створення [7];
- 8) за наповненням (вмістом) [7].

Наведемо коротку характеристику кожної класифікації.

Особливістю такої інтелектуальної багатоагентної системи є поділ на базу даних, що містить історії хвороб, базу знань про предметну область, і на механізм логічного висновку. У загальному випадку інтелектуальна система припускає, що програма одержання знань, яка буде використовуватися для побудови і підтримки бази знань. Така система може також містити модуль пояснення, що допомагає пояснювати її рекомендації користувачам. Експертні системи широко застосовуються в медицині для підтримки прийняття рішень при розв'язанні різноманітних проблем діагностики, прогнозування, лікування, управління, навчання.

Знання можна представити у вигляді сукупності фактів і правил їх використання. Правила виражаються формулою:

«ЯКЩО» . . . , «ТО» . . .

Отже, ЯКЩО виконується умова, ТО слідує виконання визначеної дії. Наша пам'ять зберігає величезну кількість таких фактів і правил. Для досягнення цілей люди пов'язують між собою складні сукупності фактів і правил.

Розглянемо, як накопичуються факти і правила щодо діагностування хвороби. Взагалі збір даних для аналізу стану людини і подальшого діагностування починається з опитування пацієнта лікарем. Процес встановлення діагнозу розпочинається вже від самого початку огляду хворого в лікувальному закладі або під час виклику лікаря за місцем проживання хворого.

Розпочинається діагностика захворювання зі збору анамнезу. Після збору анамнезу лікар проводить огляд хворого, під час якого він здійснює

перкусію та акультацию пацієнта, пальпацію ділянки захворювання, вимірює у хворого артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень та частоту дихання, і вимірює температуру тіла пацієнта. Дані для амбулаторної картки пацієнта).

Для уточнення діагнозу захворювання хворому також призначаються лабораторні, інструментальні та фізикальні методи. Лабораторні методи обстеження включають загально клінічні аналізи, до яких входять загальний аналіз крові, загальний аналіз сечі та аналіз калу. До лабораторних методів обстеження відносяться також біохімічні методи, під час яких визначається рівень глюкози, креатиніну, сечовини, білірубину, ферментів печінки, ліпідів крові; коагулограма, при якій аналізуються показники зсідання крові; обстеження із визначення гормонів крові; визначення онкомаркерів; аналізи крові та інших біологічних матеріалів на інфекційні захворювання; алергологічні, токсикологічні, цитологічні та паразитологічні обстеження.

До інструментальних методів обстеження відносяться рентгенологічні, ендоскопічні, ультразвукові, методи реєстрації електричної активності органів (зокрема ЕКГ та ЕЕГ) та ряд інших методів обстеження.

До рентгенологічних методів обстеження відносяться рентгенографія, рентгеноскопія, томографія, скринінговий метод для раннього виявлення захворювань дихальної системи – флюорографія, а також метод обстеження із створенням зображень органів із високою роздільною здатністю – комп'ютерна томографія. Близьким до цього методу, хоча й із використанням інших фізичних явищ, є магнітно-резонансна томографія та позитрон-емісійна томографія. У діагностиці також можуть застосовуватися рентгенологічні методи обстеження із використанням рентгеноконтрастних препаратів.

Ендоскопічні методи обстеження, принципом яких є спостереження змін внутрішніх органів та порожнин людського організму з допомогою спеціального приладу – ендоскопа, застосовуються переважно для діагностики захворювань порожнистих і порожнинних органів. До них відносяться фіброгастроудоденоскопія, колоноскопія, ректороманоскопія, риноскопія, ларингоскопія, бронхоскопія, цистоскопія, кольпоскопія, лапароскопія, артроскопія та ряд інших обстежень.

Ендоскопічні методи можуть поєднувати у собі діагностичну мету, в тому числі взяття біопсії ураженого органу, при проведенні даних методів обстеження можуть також проводитись лікувальні маніпуляції. Окрім того, найчастіше для вивчення стану органів травної системи застосовується відеокапсульна ендоскопія, під час якої в травний тракт хворого вводиться відеокапсула, яка самостійно рухається травним трактом і робить знімки стінок органів травної системи, що допомагає лікарю краще оцінити стан ураженого органу. Для обстеження щільних органів застосовуються ультразвукові методи обстеження. Ультразвукове обстеження застосовується для діагностики захворювань печінки, підшлункової залози, жовчного міхура, селезінки, міхура нирок, сечового міхура, простати, жіночих статевих органів, молочних залоз, серця і судин, суглобів; застосовується також для діагностики патологічних станів у плода.

Для діагностики розладів частини систем та органів використовуються методи реєстрації електричної активності органів, до яких відносяться, зокрема, ЕКГ та ЕЕГ.

У діагностиці різних захворювань також можуть використовуватися інші методи обстеження, зокрема введення в організм радіоактивних ізотопів та отримання зображення шляхом визначення виділеного ними випромінювання (сцинтиграфія); реєстрація виділеного тепла з організму людини (термографія), пункційна біопсія та ряд інших методів діагностики захворювань, які є специфічними для різних розділів медицини.

Всі вище згадані діагностичні дії можуть бути представлені у моделі системи діагностування як сукупність агентів:

1. Лабораторної діагностики.
2. Інструментальних методів дослідження.
3. Радіології.
4. Променевої діагностики.
5. МРТ – Магнітно-резонансної томографії.
6. Позитронно-емісійної томографії.
7. Ендоскопічної діагностики.
8. Бронхоскопії.
9. Ультразвукового дослідження (УЗД).
10. Сцинтиграфії.
11. Термографії (теплобачення).

Ці агенти знаходяться під загальним керуванням – агента з моніторингу системи діагностування. Всі перелічені вище агенти роблять вибірку даних, фактів та правил, що є проявом «інтелектуальної» складової агента. Щоб система агентів була справді «розумною», вони повинні були б навчитися реагувати та / або взаємодіяти зі своїм зовнішнім середовищем. На наш погляд, агенти – це (або повинні бути) знеможені біти "інтелекту". Ключовим атрибутом агента є його здатність до навчання (рис. 2). Навчання також може приймати форму підвищення продуктивності з часом. Ми використовуємо ці три мінімальні характеристики (див. рис. 2) для отримання чотирьох типів агентів, які слід включити до цієї типології: агенти спільної роботи, агенти спільного навчання, агенти інтерфейсу та справді розумні агенти.

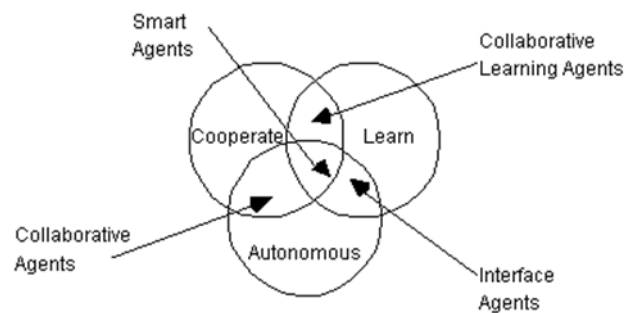


Рис. 2. Перегляд частини типології агента

У них термін «інтелектуальний» не є показником наявності інтелекту, але виділяє більш високий рівень програми порівняно з «автоматизованими» аналогами.

Інтелектуальні агенти діляться на 4 типи: аналітичні боти, агенти з моніторингу, агенти аналізу даних і персональні агенти досліджень.

Основними питаннями при розробці агентів є:

- планування завдань агентом;
- установка пріоритетів агентом;
- взаємодія між агентами;
- взаємодія з навколишнім середовищем агентом;
- ієрархія між агентами;
- перенесення агентів в інші середовища і збереження їх можливостей.

3. Технічні характеристики

Інтелектуальні персональні програмні агенти – програми, що діють від імені користувача (лікаря, експерта). Вони можуть перевіряти і сортувати його прецедентні записи історій хвороби, збирати звіти медичних новин, проводити пошук інформації за запитом у Інтернеті, допомагати під час хірургічної операції у складних ситуаціях, виконують програми навчання медичного персоналу. Взаємодія між лікарем і агентом може здійснюватися за допомогою голосових команд, надання доступу лікарем до своїх онтологічних та прецедентних даних та знань щодо вибору сценарію лікування, а так само використання агента для різних пошукових запитів, на основі яких агент навчається надавати сервіс конкретному лікарю.

У медичній області виникає потреба у розробці адаптивних інформаційних систем, моделювання яких використовує багатоагентні структури. Адаптивні інформаційні системи повинні відповідати двом основним вимогам:

- а) адекватно відображати знання щодо медичної сфери при аналізі в кожен момент часу;
- б) бути придатними для легкої і швидкої реконструкції при зміні множини симптомів [3].

Адаптивні властивості інтелектуальних інформаційних систем забезпечуються за рахунок інтелектуалізації їх архітектури. Ядром таких систем є модель, що постійно розвивається з використанням багатоагентної структури, підтримувана в спеціальній базі знань.

Таким чином, при розробці адаптивної МІС доцільно розділити її функції на два типи:

- а) функції, які легко алгоритмізувати (обробка і відображення даних про стан людини);
- б) функції, які можна віднести до інтелектуальних (функції прийняття рішень щодо вибору лікувального сценарію).

Відповідно до цього адаптивну МІС можна розділити на дві частини:

- а) підсистема обробки, зберігання і відображення даних – інтелектуального агента (рис. 3);
- б) інтелектуальна підсистема – програмний агент (див. рис. 3).

В результаті адаптивна інформаційна система має дві незалежні підсистеми, які взаємодіють одна з одною.

Перевага такої адаптивної МІС полягає в тому, що можна редагувати базу знань і впливати на

роботу системи в цілому (змінювати критичні алгоритми або дані, які беруть участь при виборі рішення). Структура інтелектуальної частини системи є універсальною і не залежить від її наповнення. Отже, цю частину системи можна використовувати в різних адаптивних інформаційних системах без будь-яких змін.

Підсистема обробки даних складається з бази даних і додатку, що взаємодіє з нею. Додаток взаємодіє також з користувачем, отримуючи від нього команди, і запускає відповідні процеси з обробки даних, які містять звернення до інтелектуальної підсистеми. Додаток взаємодіє з інтелектуальною підсистемою, коли необхідно виконати дію, пов'язану з прийняттям певного рішення, або необхідно отримати інформацію, що зберігається в базі знань.

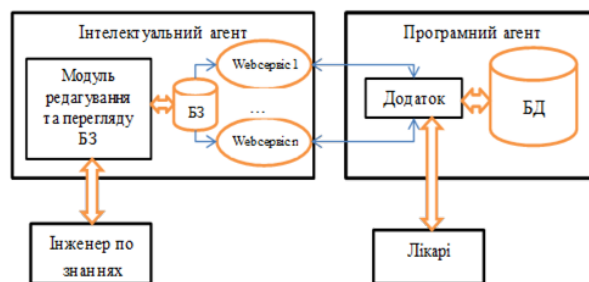


Рис. 3. Структура адаптивної МІС

Додаток викликає відповідний Web-сервіс і передає йому дані, що описують поточний стан системи, і запит, який має виконати інтелектуальний агент. За допомогою Web-сервісів реалізується механізм логічного висновку, а кожен Web-сервіс реалізує рішення певного класу задач. Web-сервіс шукає рішення (відповідь на запит) на основі вхідних даних та інформації, що зберігається в базі знань. Потім відповідь передається з додатком, який використовує його для подальшого виконання процесу обробки даних. Перевагою Web-сервісів є те, що вони дозволяють використовувати різні засоби для розробки програми і бази даних. В цьому випадку інтелектуальна підсистема не залежить від практичної реалізації підсистеми обробки та зберігання даних, тому що обмін інформацією між ними відбувається з використанням мови XML, яка в даний час широко вживається для інтеграції різномірних систем.

На схемі, представленої на рис. 4, база знань являє собою спеціально спроектовану базу даних. У ній зберігається інформація про факти і правила предметної області, а також структурна інформація, що описує інтерпретацію фактів.

Заповнюється і редагується база знань через «Модуль редагування і перегляду БЗ». Через цей модуль здійснюється доступ до БЗ інженера зі знань, також до функцій даного модуля входить контроль несуперечності системи правил і контроль правильності введення нових знань.

Вибір способу представлення знань в інтелектуальній МІС є ключовим моментом розробки. З точки зору людини, бажано, щоб описові можливості використовуваної багатоагентної моделі були якомога вищими. З іншого боку, складне представлення знань вимагає спеціальних способів обробки (ускладнюється механізм виведення), що ускладнює проектування і реалізацію інтелектуальної підсистеми [3].

Існують чотири основні моделі опису знань: логічні, мережеві, продукційні і фреймові. Кожна з цих моделей має свої переваги і недоліки.

Мережева модель є найбільш загальною моделлю представлення знань. Але така універсальність має і негативну сторону. Якщо допускати в мережевій моделі довільні типи відносин і зв'язків, які не є відносинами в математичному сенсі (наприклад, асоціативні зв'язки), то різко зростає складність роботи з такою моделлю [4]. Побудова мережевої моделі також залежить від погляду на проблему самого розробника. Тому різні інженери зі знань можуть спроектувати різні моделі однієї предметної області, що може позначатися негативно на реалізації процедур обробки знань.

У фреймових моделях з'єднані основні особливості моделей перелічених типів. Але на відміну від них, у фреймових моделях фіксується жорстка структура інформаційних одиниць [4]. Це істотно знижує гнучкість такої моделі.

Логічні моделі призначені для використання в дослідницьких системах, і основним їх завданням є доведення теорем та організація виведення в логіці. До недоліку цих моделей відноситься те, що вони висувають високі вимоги до якості і повноти знань про предметну область [3].

Продукційні моделі поряд з фреймами є найбільш популярними засобами подання знань. Продукції, з одного боку, близькі до логічних

моделей, що дозволяє організувати на них ефективні процедури виведення, а з іншого боку – відображають знання більш наочно, ніж класичні логічні моделі [5].

Продукційні моделі мають, принаймні, два недоліки. При великій кількості продукцій стає складною перевірка несуперечності системи правил. Це змушує при додаванні нових продукцій витрачати багато часу на перевірку несуперечності отриманої системи. Через притаманну системі недетермінованість (неоднозначний вибір виконуваної продукції з множиною активізованих продукцій) виникають принципові труднощі при перевірці коректності роботи системи [4].

Кожній моделі подання знань відповідає своя мова. Однак на практиці при розробці системи рідко вдається обійтися рамками однієї моделі подання знань, за винятком найпростіших випадків [3].

Для реалізації бази знань адаптивної МІС можна вибрати поєднання продукційної і логічної моделей. Спільне використання цих моделей подання знань має низку переваг:

- а) знижуються вимоги до якості і повноти зберігання знань;
- б) збільшується ефективність обробки продукцій;
- с) збільшується наочність представлення знань, тому що переважна частина людських знань може бути записана у вигляді продукцій.

Логічна структура бази знань наведена на рис. 4.

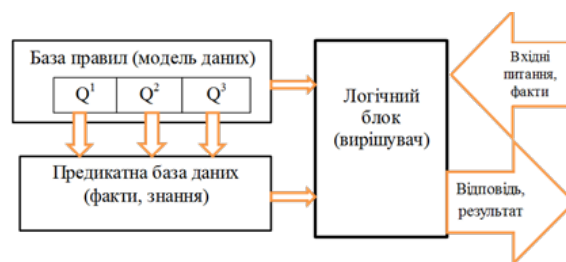


Рис. 4. Логічна структура бази знань, яка використовує логічну і продукційну моделі

У базі знань можна виділити три основні частини:

- а) база правил;
- б) предикатна база даних;
- с) логічний блок.

На рис. 4 Q – логічна модель предметної області. Тоді Q складається з двох частин: Q_I і Q_{II} , які описують відповідно структурні властивості

предметної області та логічні її властивості. Якщо з Q_{II} окремо записати правила, за якими можна перевіряти істинність нових тверджень, то можна запропонувати розбиття логічної моделі предметної області Q на три частини: Q^1 , Q^2 , Q^3 . При цьому в Q^2 залишиться опис тільки обмежень, яким задовольняють суті і відносини предметної області, а в Q^3 ми будемо записувати продукційні правила.

4. Висновки

Розглянуто основні питання створення адаптивної МІС.

Запропоновано на етапі моделювання застосовувати багатоагентний підхід щодо представлення відомостей про стан людини при діагностуванні хвороби.

У запропонованій технології моделювання крім даних про кількісні показники клінічних аналізів пацієнта надається якісна інформація до бази знань (див. рис. 4) з аналітичних досліджень зображень.

Накопичення знань відбувається за формулою: «знання + механізм виводу = система знань».

Підкреслюється необхідність врахування кооперації агентів, навчання та автоматизації дослідження за рахунок розвинутого інтерфейсу у моделях агентів (див. рис. 2).

Для прискорення діагностування у МІС використовується порівняння, класифікація та аналіз медичних онтологічних даних та знань про аналогічні захворювання.

Запропонована адаптивна МІС (див. рис. 3), до якої крім аналітичних даних та знань можуть додаватись сценарії лікування, що направлено на скорочення часу і підвищення загальних лікувальних заходів.

Література:

1. Core Software Ontology. Core Ontology of Software Components. Core Ontology of Services [OntoWare Group: <http://cos.ontoware.org/>].
2. Соловьев В.Д., Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В. Онтологии и тезаурусы. Казань, Москва, 2006. 173 с.
3. Gruninger Michael. An Ontology Framework / Michael Gruninger, Leo Obrst // Ontology Summit – NIST. Gaithersburg, MD April 22 – 23, 2007.
4. Агеева Т.И., Балдин А.В., Барышников В.А. и др. Информационная управляющая система МГТУ им. Н.Э. Баумана «Электронный университет»: концепция и реализация / Под ред. И.Б. Фёдорова, В.М. Черненко. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 376 с.

5. Информационные технологии в инженерном образовании / Под ред. С.В. Коршунова, В.Н. Гузненкова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 432 с.

6. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. М.: Финансы и статистика, 2004. 424 с.

7. Искусственный интеллект. Модели и методы: Справочник. Книга 2 / Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Радио и связь, 1990. 304 с.

8. Братко И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 560 с. 9. Адаменко А.Н., Кучуков А.М. Логическое программирование и Visual Prolog. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 992 с.

Transliterated bibliography:

1. Core Software Ontology. Core Ontology of Software Components. Core Ontology of Services [OntoWare Group: <http://cos.ontoware.org/>].
2. Solov'ev V.D., Dobrov B.V., Ivanov V.V., Lukashevich N.V. Ontologii i tezaury. Kazan', Moskva, 2006. 173 с.
3. Gruninger Michael. An Ontology Framework / Michael Gruninger, Leo Obrst // Ontology Summit – NIST. Gaithersburg, MD April 22 – 23, 2007.
4. Ageeva T.I., Baldin A.V., Baryshnikov V.A. i dr. Informacionnaja upravljajushhaja sistema MGTU im. N.Je. Bauman «Jelektronnyj universitet»: koncepcija i realizacija / Pod red. I.B. Fjodorova, V.M. Cher-nen'kogo. M.: MGTU im. N.Je. Bauman, 2009. 376 s.
5. Informacionnye tehnologii v inzhenernom obrazovanii / Pod red. S.V. Korshunova, V.N. Guzenkova. M.: MGTU im. N.Je. Bauman, 2007. 432 s.
6. Andrejchikov A.V., Andrejchikova O.N. Intellektual'nye informacionnye sistemy. M.: Finansy i statistika, 2004. 424 s.
7. Iskusstvennyj intellekt. Modeli i metody: Spravochnik. Kniga 2 / Pod red. D. A. Pospelova. M.: Radio i svjaz', 1990. 304 s.
8. Bratko I. Programmirovanie na jazyke Prolog dlja iskusstvennogo intellekta: Per. s angl. M.: Mir, 1990. 560 s.
9. Adamenko A.N., Kuchukov A.M. Logicheskoe programmirovanie i Visual Prolog. SPb.: BHV-Peterburg, 2003. 992 s.

Надійшла до редколегії 13.05.2020

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Левикін В.М.

Кузьомін Олександр Якович, д-р техн. наук, професор кафедри Інформатики ХНУРЕ. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: oleksandr.kuzomin@nure.ua.

Василенко Олексій Олександрович, керівник напрямку архітектури департаменту Аналітики та Big Data корпорації Toyota (Сідней, Австралія), закінчив аспірантуру ХНУРЕ за напрямком «Інформаційні технології» у 2015 році. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

Свистунов Ілля Олексійович, студент 4 курсу ХНУРЕ, група ІТІНФ-16-1. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14.

Kuzomin Olexander Yakovlevich, Professor, Dr. (Habil) of the Department of Informatics, Kharkiv National University of Radioelectronics. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14, e-mail: oleksandr.kuzomin@nure.ua.

Vasylenko Oleksii, Manager of Architecture for the Big Data and Analytics department, Toyota corp., Sydney, Australia. PhD of the 'Information Technology' stream NURE. Finished an internship at the GoGet Carshare Australia (Sydney, Australia) 2012-2013 at the Data Architecture stream. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14.

Svistunov Ilya Alekseevich, student of the 4th course, Kharkiv National University of Radioelectronics., group ITINF-16-1. Address: Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave, 14.